



Capacidades tecnológicas nacionales y transición energética

Una propuesta para la exportación de trabajo
argentino



NUCLEOELECTRICA ARGENTINA S.A.



Dr. Gabriel N. Barceló

AATN, Buenos Aires

Nov/Dic , 2023



- **ESCENARIO**
- **CAPACIDADES**
- **OPORTUNIDADES**
- **ACCIONES**



NUCLEOELECTRICA ARGENTINA S.A.



AATN, Buenos Aires
Noviembre, 2023



- **ESCENARIO**
- **CAPACIDADES**
- **OPORTUNIDADES**
- **ACCIONES**

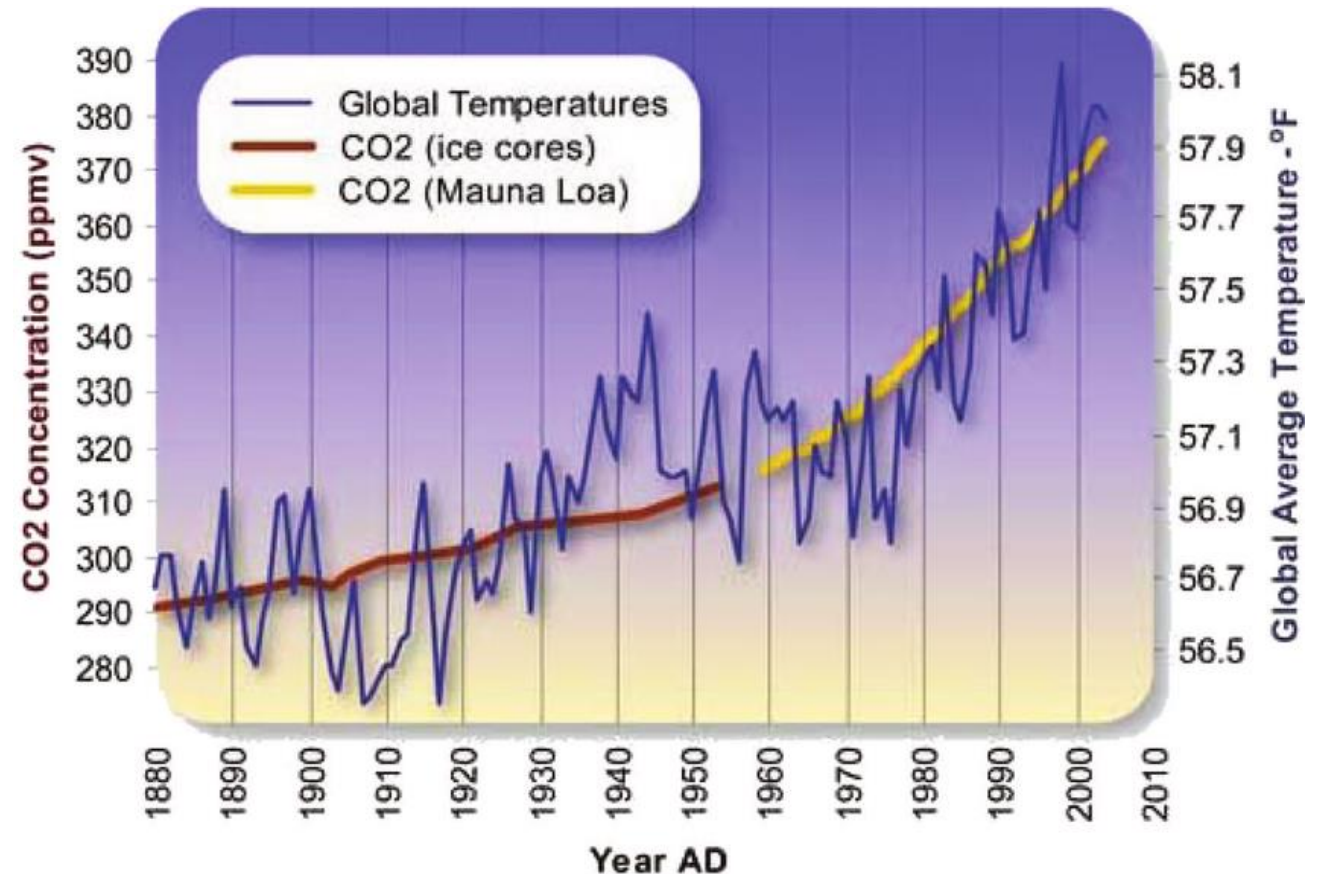


NUCLEOELECTRICA ARGENTINA S.A.



AATN, Buenos Aires
Noviembre, 2023

Es difícil refutar la existencia del cambio climático y también del carácter antropogénico del mismo.



Data Source Temperature: ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/anomalies/annual_land_and_ocean.ts
Data Source CO2 (Siple Ice Cores): <http://cdiac.esd.ornl.gov/ftp/trends/co2/siple2.013>
Data Source CO2 (Mauna Loa): <http://cdiac.esd.ornl.gov/ftp/trends/co2/maunaloa.co2>

Graphic Design: Michael Ernst, The Woods Hole Research Center



[Climate Change, Migration, and Allergic Respiratory Diseases: An Update for the Allergist](#)

Jul 2011



Consumo final de la energía histórico en el mundo (EJ)

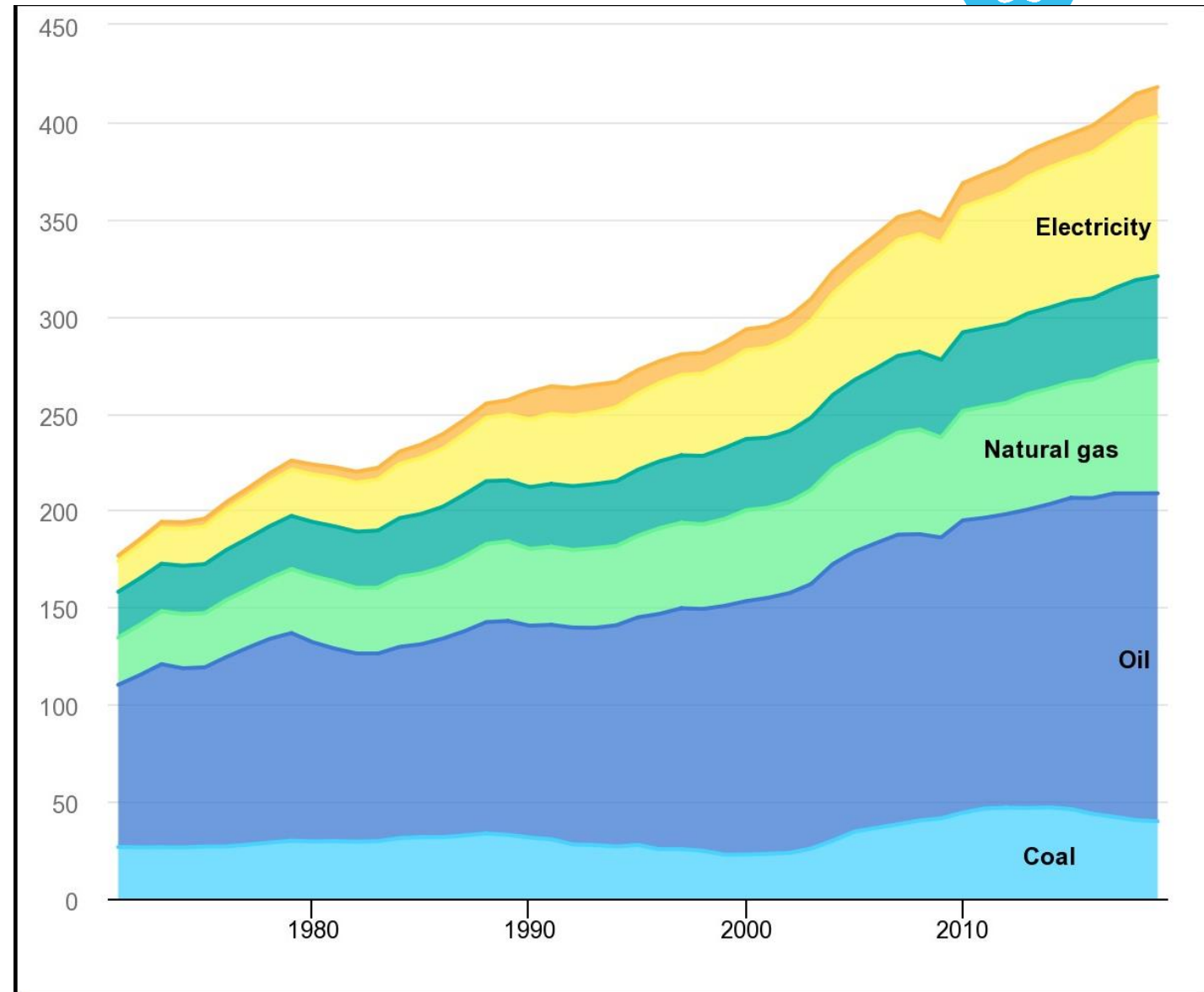


<https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/final-consumption>

Si se mantiene la pendiente, serían unos 600 EJ o 166.700 TWh para 2050, (año que se propone para llevar a 0 las emisiones netas de CO₂).

Si produjéramos el 10 % de esta energía con centrales nucleares, necesitaríamos unas 2.240 centrales de 1000 MW cada una con un factor de carga de 0.85. Esto implicaría estar construyendo simultáneamente un promedio de anual de unas 400 centrales del 2025 al 2050 (suponiendo 5 años de período de construcción).

Hoy se están construyendo 54.

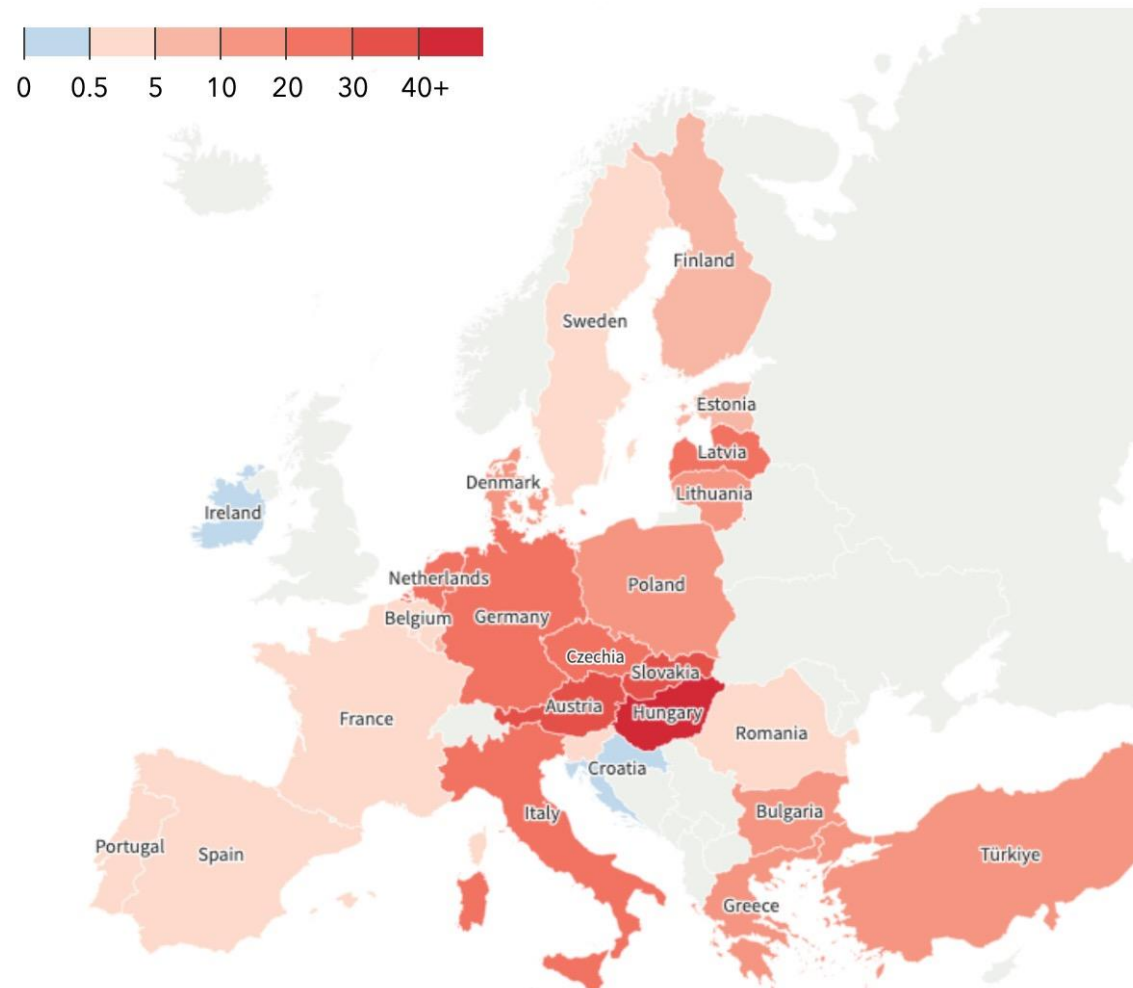


Además: Guerra en Ucrania

Países impactados por las restricciones del suministro de gas de Rusia

Russian gas dependence

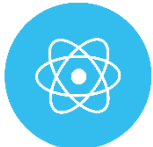
(Russian gas as a share of total energy consumption, 2020, percent)



Source: IMF staff calculations.



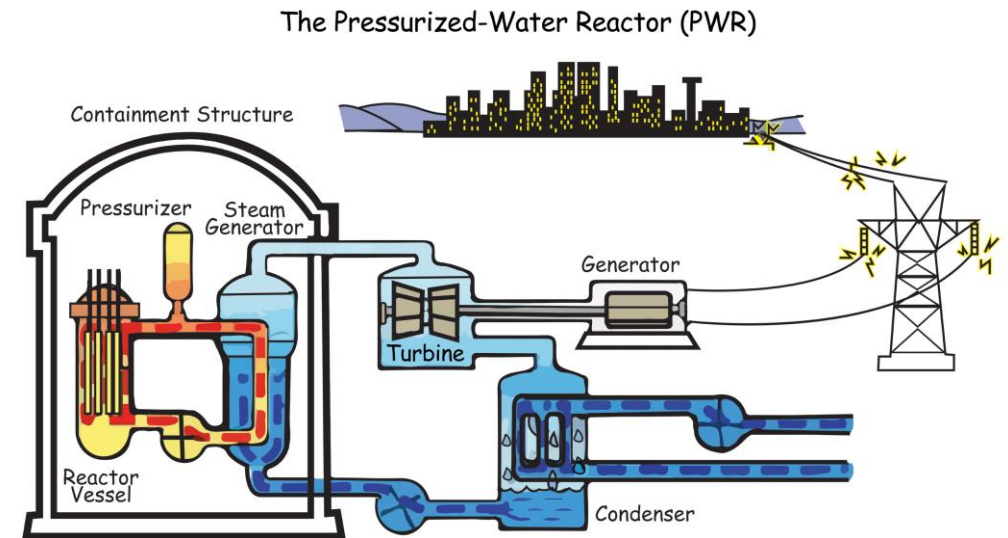
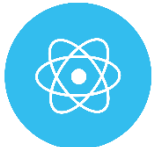
REINSTALACIÓN DEL CONCEPTO DE SEGURIDAD ENERGÉTICA



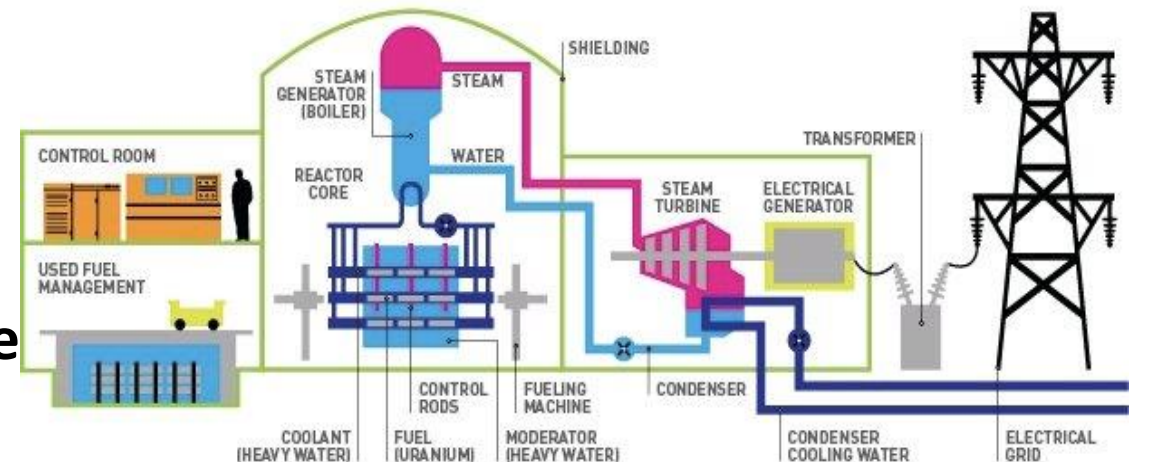
TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN NUCLEOELÉCTRICA

- Uranio Enriquecido / Agua Liviana
- Necesidad de tener capacidad de enriquecimiento de uranio cada recambio ($\approx 1,5$ año).
- **Capacidad estratégica: Planta de Enriquecimiento de uranio**

- Uranio Natural / Agua pesada
- Necesidad de agua pesada al Comienzo de la operación y poco más para reposición.
- **Capacidad estratégica: Planta de Agua pesada.**



CANDU REACTOR SCHEMATIC



LA CUESTIÓN DEL COMBUSTIBLE

La preocupación de las grandes potencias por la no proliferación ha llevado a instaurar en el mundo un sistema que desalienta fuertemente el desarrollo de nuevas capacidades de enriquecimiento.

Esto tiene un efecto social y económico, al dificultar la existencia de empresas y puestos de trabajo asociadas al combustible nuclear, pero tiene, además, un costado estratégico evidente.

Esto tiende a centralizar en los países desarrollados “la válvula” de los suministros cotidianos esenciales para generar energía nucleoelectrónica (combustibles)



(Recomendamos leer, en la página de OIEA, los INFCIRC 254, 540 y las características del Banco de Combustibles)

POR CONSIDERACIONES ESTRATÉGICAS, LA LÍNEA DE URANIO NATURAL (el modelo más difundido se desarrolló en Canadá) HA SIDO ELEGIDA POR VARIOS PAÍSES CON, AL MENOS, CIERTA CAPACIDAD INDUSTRIAL:

- Argentina
- India
- Pakistán
- Corea del Sur
- Rumania

POR DIVERSAS RAZONES HAY PHWR EN

- Canadá - Diseñador. Consecuencia de la 2ª. Guerra
- China: CANDU es un reactor noble que puede transmutar residuos nucleares y manejar el ciclo PuTh





- **ESCENARIO**
- **CAPACIDADES**
- **OPORTUNIDADES**
- **ACCIONES**



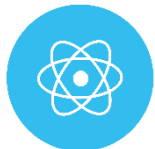
NUCLEOELECTRICA ARGENTINA S.A.



AATN, Buenos Aires
Noviembre, 2023

Planta de Agua Pesada

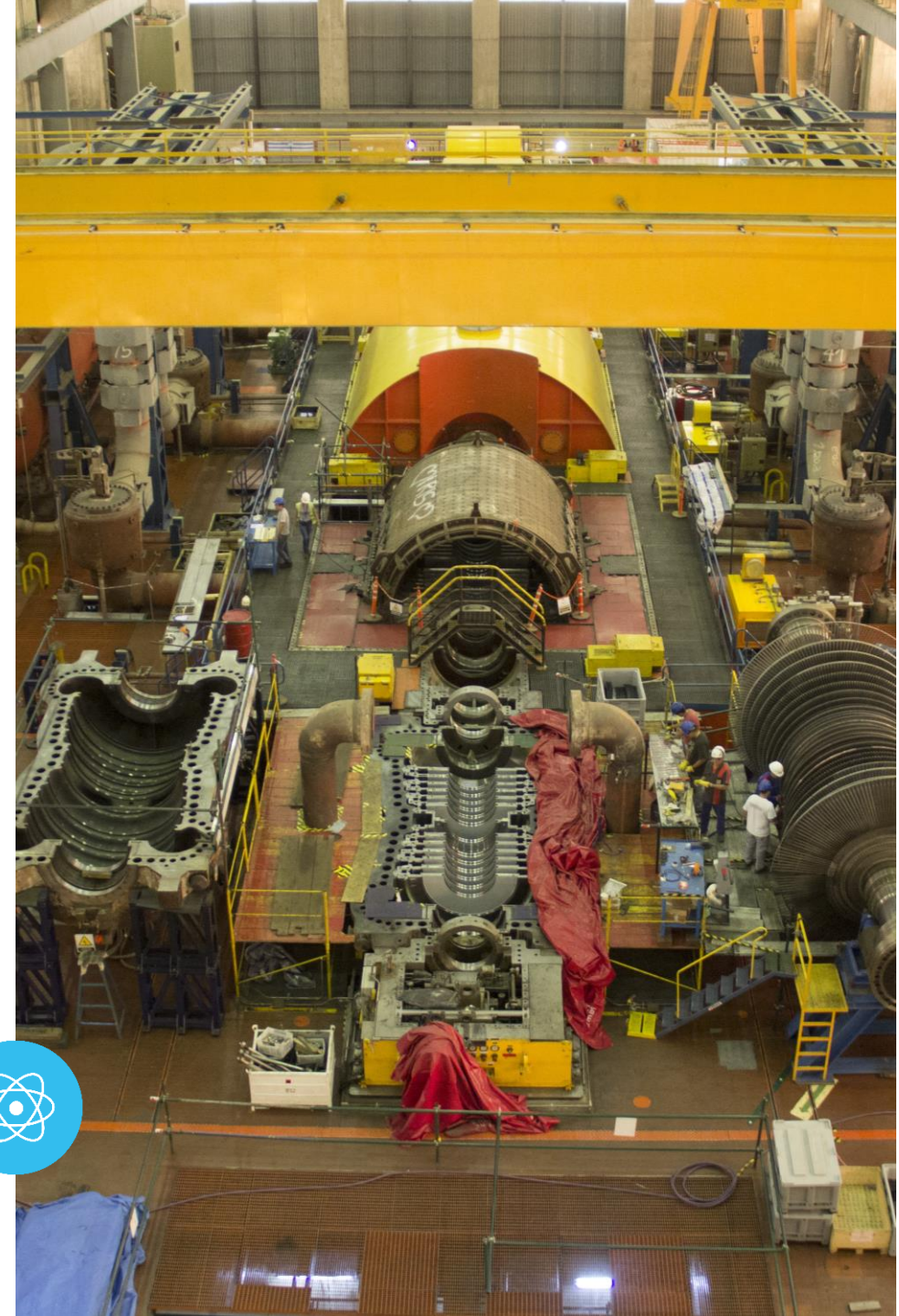
- Argentina tiene una de las mayores plantas de agua pesada del mundo, con dos líneas.
- Puede producir 200 ton / año.
- Paralizada desde 2017.
- Actualmente se intenta recuperar sus capacidades.
- El proceso no ha podido hacerse suficientemente rápido.

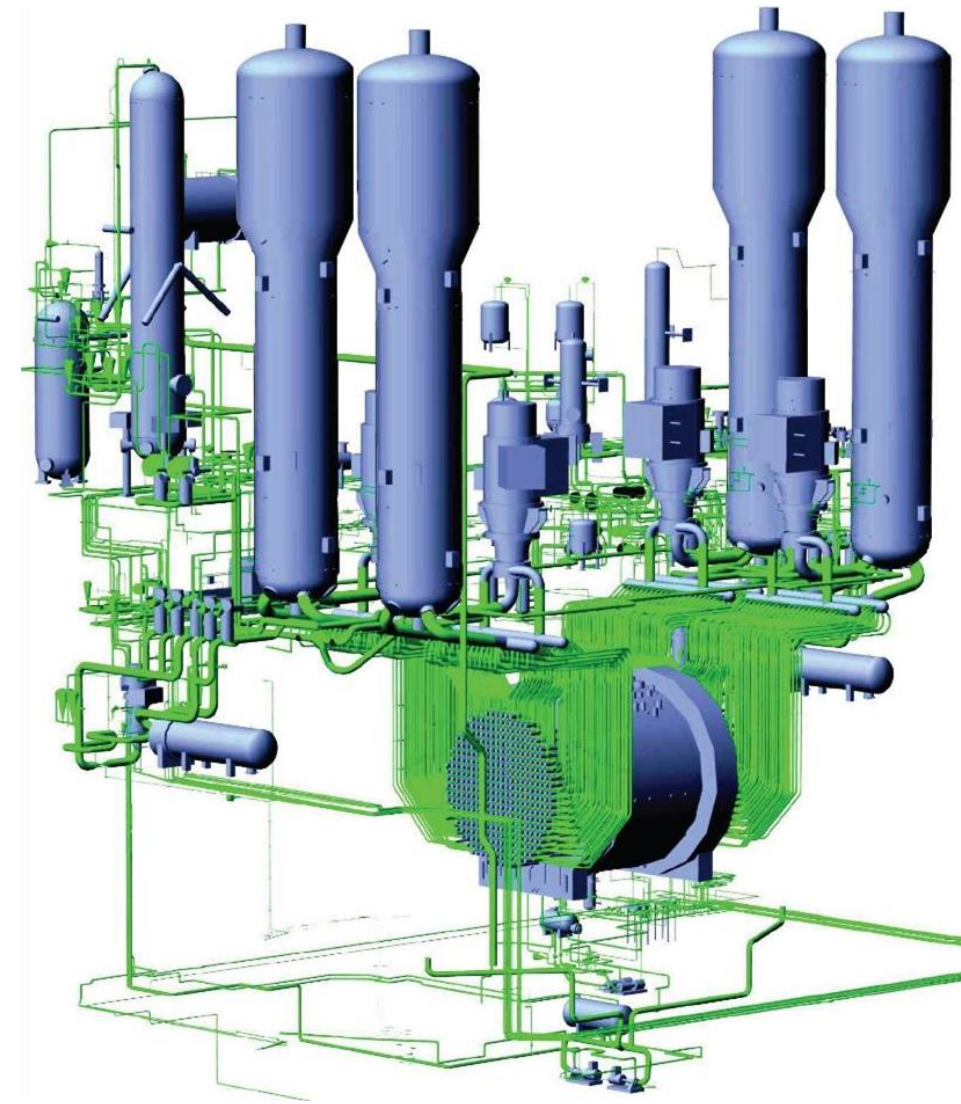
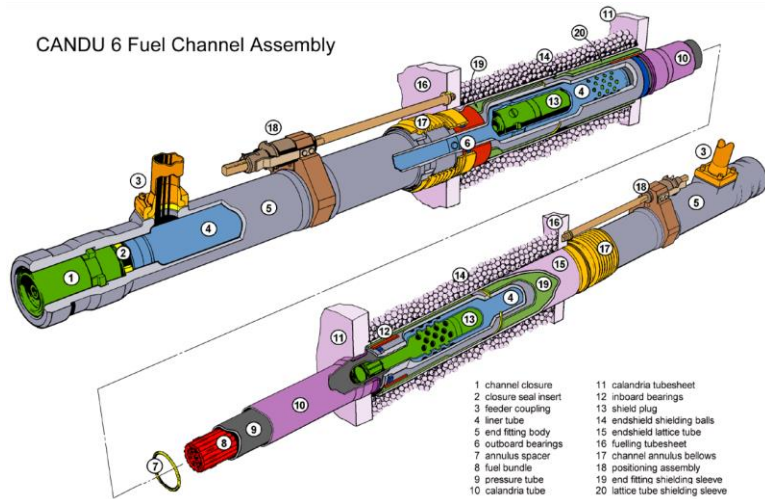
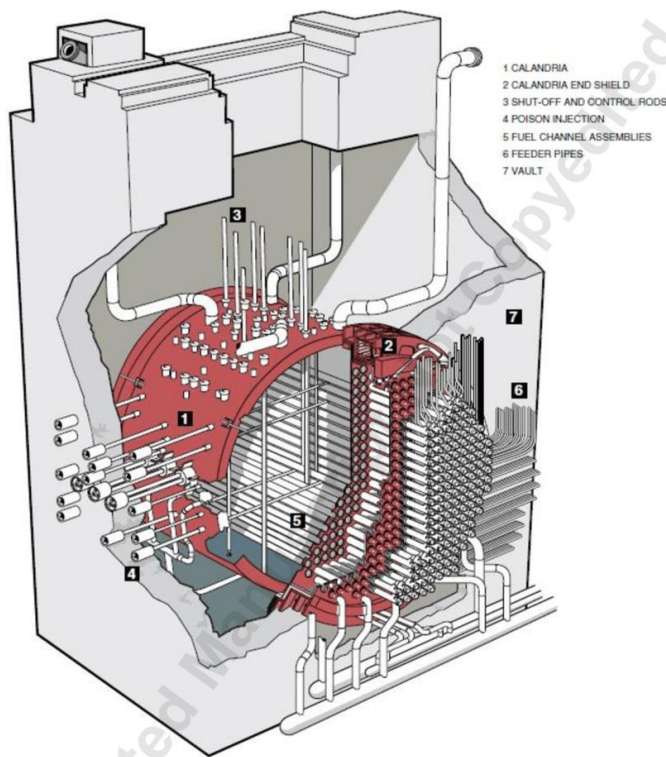


Extensión de Vida CNE

25 años más de operación

- **Dirección de Nucleoeléctrica Argentina**
- Soporte técnico por parte del diseñador
- Fomento a la participación de la industria nacional y calificación de proveedores locales para la provisión de componentes de calidad nuclear.
- Desarrollo en tres fases consecutivas.
- Principales tareas:
 - Retubado del reactor
 - Reemplazo de Generadores de Vapor
 - Actualización de sistemas mecánicos, eléctricos y de I&C.
- Inicio segundo ciclo de operación el 04/01/2019





Partes específicamente nucleares fabricadas localmente

CAPACIDADES DE NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA

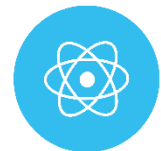
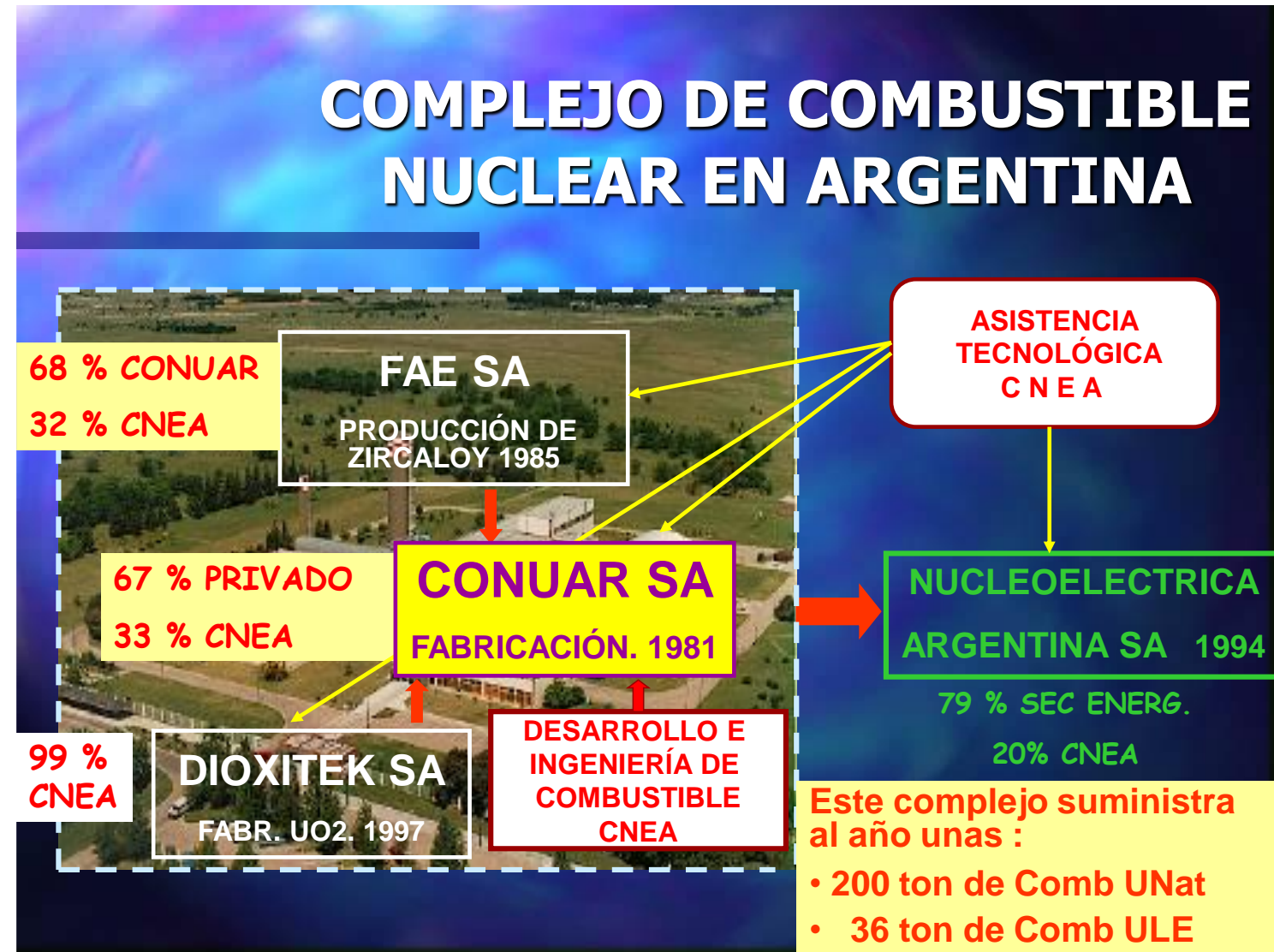
- CNEA fue responsable de terminar la CN Embalse la última parte de la obra, hasta 1983, en que se puso a crítico.
- En 1988, y ante ofertas no satisfactorias del diseñador, CNEA reparó el desperfecto causado por errores de diseño en Atucha I.
- NA-SA completó, entre 2009 y 2014 la central nuclear Atucha II, sin apoyo del diseñador.
- NA-SA tomo bajo su cargo la Extensión de vida de la CN Embalse entre 12/2015 y 01/2019
- En 2022 NA-SA reparó desperfectos causados en tubos guía de Atucha II por su cuenta.
- En 9 meses, entre 2022 y 2023, NA-SA reparó con capacidades propias y el apoyo de PyMEs locales, un desperfecto causado por el desplazamiento de un separador en Atucha II que obligó a trabajar en condiciones especialmente difíciles.
 - NA-SA está encarando la conducción del proceso de Extensión de Vida de AI
 - NA-SA vende servicios de ingeniería a Canadá, China y Brasil



NA-SA tiene reconocidas capacidades en ingeniería de centrales nucleares

COMBUSTIBLE NUCLEAR

- En 1990 Argentina podía producir todos los insumos del combustible nuclear de U natural, excepto un semiterminado para la fabricación de vainas de circaloy.
- Desde entonces se han perdido capacidades, pero pueden recuperarse y muchas se mantienen.
- En particular, debieran recuperarse la exploración de uranio y la minería y metalurgia extractiva hasta “yellow cake”





- **ESCENARIO**
- **CAPACIDADES**
- **OPORTUNIDADES**
- **ACCIONES**



NUCLEOELECTRICA ARGENTINA S.A.

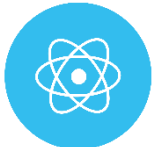


AATN, Buenos Aires
Noviembre, 2023

Canada Turns to Nuclear Power After 30-Year Pause to Meet Demand Surge

Bloomberg

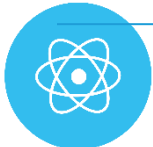
The two new projects at the Bruce and Darlington nuclear generating stations will add 6,000 additional megawatts of capacity to the grid once complete. Ontario can achieve Canada's net zero electricity goal as long as they arrive on schedule, and assuming demand projections are accurate, Acchione said. 31 jul 2023



<https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-07-31/canada-turns-to-nuclear-power-after-30-year-pause-to-meet-demand-surge?embedded-checkout=true>

Reactors under construction in India

Reactor Name	Model	Reactor Type	Gross Capacity	Construction Start
Kakrapar 4	PHWR-700	PHWR	700	2010-11-22
Kudankulam 3	VVER V-412	PWR	1000	2017-06-29
Kudankulam 4	VVER V-412	PWR	1000	2017-10-23
Kudankulam 5	VVER V-412	PWR	1000	2021-06-29
Kudankulam 6	VVER V-412	PWR	1000	2021-12-20
PFBR	Prototype	FBR	500	2004-10-23
Rajasthan 7	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	700	2011-07-18
Rajasthan 8	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	700	2011-09-30



Power reactors planned (XII plan 2012, April 2015 approval in principle, modified in 2017, 2018 and 2022). Gorakhpur 1-4 and Kaiga 5&6 appear to be the most advanced projects.

Reactor	State	Type	MWe gross (each)	Project control	Start construction
Gorakhpur 1&2	Haryana (Fatehabad district)	PHWR x 2	700	NPCIL	2023?
Gorakhpur 3&4	Haryana (Fatehabad district)	PHWR x 2	700	NPCIL	Progressively by 2031
Chutka 1&2	Madhya Pradesh (Mandla)	PHWR x 2	700	NPCIL	
Mahi Banswara 1&2	Rajasthan	PHWR x 2	700	NPCIL	
Mahi Banswara 3&4	Rajasthan	PHWR x 2	700	NPCIL	
Kaiga 5&6	Karnataka	PHWR x 2	700	NPCIL	
Subtotal planned		12 units	8400 MWe		



CAPACIDADES DE FABRICACION (FORJA DE RECIPIENTES DE PRESIÓN)

De acuerdo con la tabla, hay en el mundo una capacidad total registrada de fabricación de recipientes de presión para reactores nucleares de unos 50 por año. Si consideramos 8 más, teniendo en cuenta las empresas que tienen capacidad de mover los lingotes necesarios y se acercan con la potencia de las prensas tendríamos unos 60 RP por año.

En los 27 años que faltan para 2050, se podrían fabricar, como máximo, y con la actual capacidad, 1600 reactores nucleares con recipiente de presión en todo el período.

Téngase en cuenta que la tecnología CANDU de uranio natural y agua pesada, no necesita recipiente de presión, sino que utiliza tubos de presión, que ya se hacen en la Argentina.



<https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/heavy-manufacturing-of-power-plants.aspx>

Country or region	Company	Heavy forging press (tonnes)	Max. ingot (tonnes)	RPV* sets/year
Japan	Japan Steel Works	14,000 x 2	650	12
	JCFC	13,000	500	
	MHI	Nil, uses forgings to make RPVs		
South Korea	Doosan	13,000, 17,000	540	5?
China	CFHI	12,500, 15,000	715	5
	Shanghai (SEC)	12,000, 16,500	600	6
	China Erzhong	12,700, 16,000	650	5
	Dongfang Electric (DEC)	large		
	Harbin Electric Co	8000		4
India	L&T	9000, 15,000?	300	
	BHEL	10,000		
	Bharat Forge	12,500, 16,000		
Europe	Framatome, Creusot Forge	11,300, 9000	500	
	GIVA Forgiatura	6000	150?	
	Sheffield	10,000	200?	
	Pilsen Steel	10,200, 12,000	250	
	Vitkovice	12,000	250	
	Saarschmiede	8670, 12,000	370	
	Societa della Fucine	12,600	530	
	OMZ Skoda JS			
	ENSA	Nil, uses forgings to make RPVs		
USA	Lehigh	10,000	270	
	N. American Forgemasters	10,000	170	
	ATI	15,000	175	
Russia	OMZ Izhora	12,000, 15,000	600	4+
	OMZ Spetsstal	major	420	
	ZIO-Podolsk			4
	AEM: Atommash	15,000		5+
	AEM: Petrozavodsk	major		
Ukraine	AEM: EMSS	major	420	
South Africa	DCD-Dorbyl	1000		

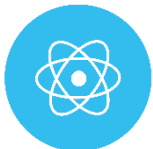
Nótese que, en la tabla anterior, 33 de los 50 RP que se pueden fabricar anualmente, se harían entre Rusia y China

Todos las 50 informadas están entre Asia y Rusia (Rusia, China, Japón y Corea del Sur)

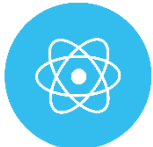
Las 8 restantes son los "posibles", entre Francia e Italia.

“advanced economies have lost market leadership, as 27 out of 31 reactors that started construction since 2017 are Russian or Chinese designs.”

IEA Executive Director Fatih Birol



- ARGENTINA TIENE CAPACIDAD TÉCNICA E INDUSTRIAL PARA CONSTRUIR BUENA PARTE DE LA ISLA NUCLEAR DE CENTRALES CANDU
- ARGENTINA TIENE DERECHO A REPLICAR EMBALSE EN LA ARGENTINA, PERO EL MODELO YA NO ES LICENCIABLE
- ARGENTINA HA ADQUIRIDO BUENA PARTE DE LOS CAMBIOS DE DISEÑO POST FUKUSHIMA Y LOS APLICÓ EN EMBALSE, PERO NO TIENE DERECHOS PARA REPLICAR LA INGENIERÍA PROVISTA POR LAVALIN EN OTRAS CENTRALES
- LAVALIN – HOY ATKINS – ROYALE – TIENE LOS DERECHOS INTELECTUALES Y GRANDES CAPACIDADES DE INGENIERÍA
- ANADÁ NO TIENE CAPACIDADES DE FABRICACIÓN DE AGUA PESADA (Y LIMITADA CAPACIDAD DE FABRICACIÓN DE PARTES NUCLEARES PARA LA DEMANDA ESPERABLE)
- LA PROVISIÓN DE CENTRALES CANDU PUEDE RESULTAR INTERESANTE PORQUE:
 - ALGUNOS PAÍSES PUEDEN INTERESARSE POR SEGURIDAD ENERGETICA
 - CANDU NO NECESITA RECIPIENTE DE PRESIÓN (NI CAPACIDAD DE FORJA)
 - POR SUPUESTO (OJALÁ), PRIMERO EN ARGENTINA



¿POSIBILIDAD DE ASOCIACIÓN CANADÁ-ARGENTINA?



- **ESCENARIO**
- **CAPACIDADES**
- **OPORTUNIDADES**
- **ACCIONES**



NUCLEOELECTRICA ARGENTINA S.A.



AATN, Buenos Aires
Noviembre, 2023

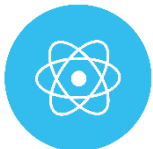
EL HECHO TECNOLÓGICO

En el hecho tecnológico están involucrados los tecnólogos, científicos e ingenieros, los empresarios (gestores), y los obreros y empleados.

Cada uno de estos protagonistas es propietario de un conocimiento teórico y otro práctico que es esencial e imprescindible al proceso.

Como hecho cultural que es, la tecnología, **si no se aplica se pierde.**

La tecnología se pierde más rápido cuanto más sofisticada y compleja sea:



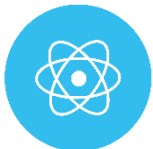
Implica fuertes inversiones y equipos humanos de trabajo, tanto en los laboratorios como en las empresas.

Si no se aplica, las maquinas se usarán para otros fines, los grupos humanos se desarmarán y sus partes se emplean en otras actividades.

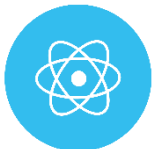
El eslabón más débil de la cadena es la parte empresaria.

Los empresarios deben recuperar la inversión, pagar a sus empleados, sus impuestos y las otras deudas. Tienen que mantener alguna actividad, aunque ya no sea en el rubro de tecnología estratégica.

Todo esto hace que las capacidades tecnológicas sean bienes percederos.



**LA DEMORA EN LA INICIACIÓN DE
PROYECTOS NUCLEARES SIGNIFICA UN
DETERIORO CRECIENTE DE LA CAPACIDAD DE
INGENIERÍA E INDUSTRIAL EN EL SECTOR**

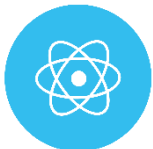


URGE RECUPERAR LA PLANTA DE AGUA PESADA



**LA ESTRUCTURA DE NA-SA (¿+ CNEA?) DEBERÁ
ADAPTARSE PARA PROVEER SERVICIOS DE INGENIERÍA A
CLIENTES EXTRANJEROS DE MANERA SISTEMÁTICA**

**LAS CAPACIDADES DE CONUAR Y OTRAS EMPRESAS
NACIONALES DEBERÁ INCREMENTARSE PARA
PROVEER A CLIENTES EXTRANJEROS**



Muchas

Gracias

